





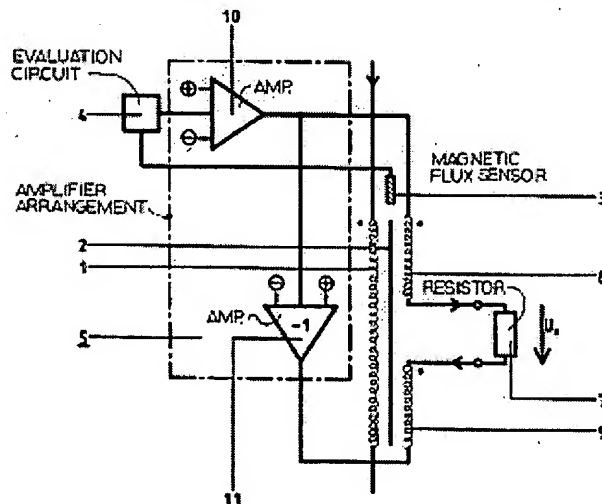
## Current sensor operating according to the compensation theorem

**Patent number:** DE4423429  
**Publication date:** 1996-01-11  
**Inventor:** LENHARD FRIEDRICH DIPL ING (DE)  
**Applicant:** VACUUMSCHMELZE GMBH (DE)  
**Classification:**  
 - International: G01R19/20; H01F38/28  
 - european: G01R15/18C2  
**Application number:** DE19944423429 19940705  
**Priority number(s):** DE19944423429 19940705

Also published as:	
	EP0691544 (A2)
	US5565765 (A1)
	JP8029456 (A)
	EP0691544 (A3)

Abstract not available for DE4423429  
 Abstract of correspondent: **US5565765**

A current sensor operating according to the compensation theorem which is particularly suited for acquiring high currents has a secondary winding of the current transformer is divided into at least two sub-windings that are supplied by different amplifiers in an amplifier arrangement. This results in symmetrical loading of the supply voltage so that twice as high a compensation current is enabled given the same internal resistance of the sub-windings and same resistance of the terminating resistor as in known current sensors of this type.



**BEST AVAILABLE COPY**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 44 23 429 A 1

⑤1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
G 01 R 19/20  
H 01 F 38/28

②1 Aktenzeichen: P 44 23 429.5  
②2 Anmeldetag: 5. 7. 94  
④3 Offenlegungstag: 11. 1. 96

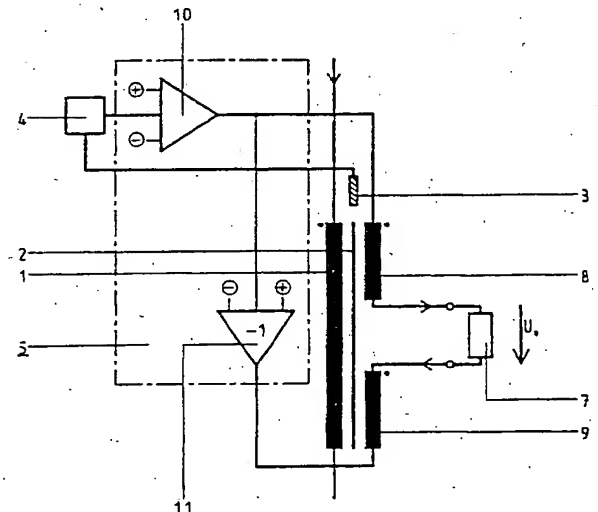
DE 44 23 429 A 1

⑦1 Anmelder:  
Vacuumschmelze GmbH, 63450 Hanau, DE

⑦2 Erfinder:  
Lenhard, Friedrich, Dipl.-Ing., 63452 Hanau, DE

⑤4 Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip

⑤7 Ein Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip, der insbesondere zur Erfassung hoher Ströme geeignet ist, zeichnet sich dadurch aus, daß die Sekundärwicklung des Stromtransformators in mindestens zwei Teilwicklungen (8, 9) aufgeteilt ist, die von unterschiedlichen Verstärkern (10, 11) in einer Verstärkeranordnung (5) gespeist werden, so daß - beispielsweise durch symmetrische Belastung der Versorgungsspannung - bei gleichem Innenwiderstand der Teilwicklungen (8, 9) und gleichem Widerstand des Abschlußwiderstandes (7) ein doppelt so hoher Kompensationsstrom ermöglicht wird.



DE 44 23 429 A 1

Die Erfindung betrifft einen Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip, insbesondere zur Messung von Gleich- und Wechselströmen, bei dem das in einem Magnetkern von einer vom zu messenden Strom durchflossenen Primärwicklung erzeugte Magnetfeld durch den Kompensationsstrom in einer Sekundärwicklung kompensiert wird, wobei zur Steuerung des Kompensationsstroms mindestens ein vom Magnetfeld beeinflusster Sensor Abweichungen vom Nullfluß erfaßt und diesen Meßwert über eine Auswerteschaltung einer Verstärkeranordnung zur Erzeugung des Kompensationsstromes zuführt, während an den Ausgang der Verstärkeranordnung die Sekundärwicklung in Reihe zu einem Abschlußwiderstand angeschlossen ist, so daß am Abschlußwiderstand eine dem zu messenden Strom proportionale Spannung anliegt.

Ein derartiger Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip ist beispielsweise aus EP 356 248 bekannt. Das Schaltungsprinzip dieses bekannten Stromsensors ist in Fig. 1 dargestellt. Der zu messende Strom  $i_1$  fließt durch die Primärwicklung 1 eines Stromtransformators, der einen Magnetkern 2 besitzt sowie einen den Magnetfluß im Magnetkern 2 messenden Sensor 3.

In EP 356 248 besteht der Sensor 3 aus einem in die Sättigung gesteuerten Transformator mit rechteckförmiger Magnetisierungskennlinie. Im Prinzip kann aber jeder beliebige Sensor für ein Magnetfeld verwendet werden, z. B. Hallsonde, amorpher Streifen mit Wicklung usw. Die Ausgangsspannung des Sensors 3 wird in einer nachgeschalteten Auswerteschaltung 4 ausgewertet, deren Ausgang an den Eingang einer Verstärkeranordnung 5 geschaltet ist. Der Ausgang der Verstärkeranordnung 5 ist über die Sekundärwicklung 6 des Stromtransformators und einen Abschlußwiderstand 7 mit Erde verbunden.

Die Wirkungsweise dieser Anordnung ist folgende: Der zu messende Strom erzeugt über die Primärwicklung 1 einen Fluß im Magnetkern 2, der vom Sensor 3 erfaßt wird. Die dem Sensor 3 nachgeschaltete Auswerteschaltung liefert ein von der Größe und Richtung des Magnetfeldes im Magnetkern 2 abhängiges Signal an die Verstärkeranordnung 5, die einen Kompensationsstrom durch die Sekundärwicklung 6 treibt. Der Kompensationsstrom ist so gerichtet, daß sein Magnetfeld den Magnetfluß im Magnetkern 2 kompensiert. Der Strom in der Sekundärwicklung 6 wird vom Sensor 3 solange geändert, bis das Magnetfeld im Magnetkern 2 zu Null wird. Damit ist der Strom in der Sekundärwicklung 6 ein Maß für den Augenblickswert des zu messenden Stromes in der Primärwicklung 1, so daß sowohl Gleich- als auch Wechselströme erfaßt werden können. Dieser Strom fließt außerdem noch über einen Abschlußwiderstand 7, an dem die Ausgangsspannung  $U_a$  des Stromsensors abfällt, die dadurch in Größe und Phasenlage dem zu messenden Strom in der Primärwicklung 1 entspricht.

Da diese Ausgangsspannung  $U_a$  abhängig von der Stromrichtung des zu messenden Stromes sowohl positive als auch negative Werte annehmen muß, wird — abhängig von der Stromrichtung — entweder ein Strom von dem Pluspol + der Versorgungsspannung der Verstärkeranordnung 5 über die Sekundärwicklung 6 und den Abschlußwiderstand 7 fließen, oder — bei umgekehrter Stromrichtung in der Primärwicklung 1 — wird ein Strom von dem Minuspol — der Verstärkeranordnung 5 zugeführt.

Bei dieser Anordnung hängt die maximale Ausgangsspannung  $U_a$  von der Größe der Versorgungsspannung der Verstärkeranordnung 5 sowie von dem Widerstandswert des Abschlußwiderstandes 7 und dem Widerstandswert des ohmschen Innenwiderstandes der Sekundärwicklung 6 ab. Insbesondere, wenn relativ große Ströme gemessen werden sollen, muß die Sekundärwicklung 6 viele Windungen haben, so daß deren Innenwiderstand sich zwangsweise vergrößert. Da außerdem die Versorgungsspannung der Verstärkeranordnung 5 nicht beliebig gesteigert werden kann, hat man zur Messung sehr großer Ströme, wie sie beispielsweise in Stromkreisen von Elektroautomobilen auftreten, entweder die Wahl, den Innenwiderstand der Sekundärwicklung 6 dadurch zu vermindern, daß ein dickerer Draht verwendet wird mit dem Nachteil, daß der Stromtransformator mit der Primärwicklung 1 und der Sekundärwicklung 6 relativ groß wird, oder man muß den Abschlußwiderstand 7 verkleinern. Diese Maßnahme hat aber den Nachteil, daß sich die Verlustleistung, die zur Erzeugung des Kompensationsstromes in der Sekundärwicklung 6 erforderlich ist, erhöht.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen derartigen Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip so zu verbessern, daß man bei gleichem zu messenden Strom das Bauvolumen des Stromsensors vermindern kann bzw. daß bei sonst gleicher Auslegung ein höherer Kompensationsstrom ermöglicht wird, so daß bei gleichem Bauvolumen des Stromtransformators und bei gleicher Empfindlichkeit mindestens der doppelte Maximalstrom in der Primärwicklung 1 erfaßt und korrekt kompensiert werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Sekundärwicklung aus mindestens zwei Teilwicklungen besteht, deren Wicklungsenden so an die Verstärkeranordnung angeschlossen sind, daß jede Teilwicklung einem eigenen, den Kompensationsstrom liefernden Verstärker nachgeschaltet ist.

Vorteilhafte Weiterbildungen sowie spezielle Lösungen für den Aufbau der Verstärkeranordnung 5 sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Fig. 2 zeigt eine Schaltung mit zwei Teilwicklungen und einem Invertierverstärker;

Fig. 3 ist eine Anordnung dargestellt, bei der zur Erfassung des Magnetflusses im Magnetkern zwei Sensoren vorgesehen sind und

Fig. 4 zeigt eine Anordnung, bei der auch ein Massebezug des Ausgangsstroms erhalten bleibt.

In den Fig. 2 bis 4 sind gleiche Teile wie in Fig. 1 mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet. Der zu messende Strom  $i_1$  fließt wiederum durch die Primärwicklung 1 eines Stromtransformators, der Magnetfluß des Magnetkerns 2 wird in einem Sensor 3 erfaßt und über eine Auswerteschaltung 4 einer Verstärkeranordnung 5 zugeführt.

Die in Fig. 1 mit 6 bezeichnete Sekundärwicklung ist hier aufgeteilt in zwei Teilwicklungen 8 und 9. Ein Wicklungsende der Teilwicklung 8 ist an den Ausgang eines Verstärkers 10 innerhalb der Verstärkeranordnung 5 angeschlossen. Das andere Wicklungsende ist über den Abschlußwiderstand 7 mit einem Wicklungsende der zweiten Teilwicklung 9 verbunden. Das zweite Wicklungsende der Teilwicklung 9 ist an den Ausgang eines Invertierverstärkers 11 in der Verstärkeranordnung 5 angeschlossen, dessen Eingang mit dem Ausgang des Verstärkers 10 verbunden ist. Bei gegebener Stromrichtung des zu messenden Stromes  $i_1$  fließt beispielsweise ein Strom von dem positiven Pol + der Versorgungs-

spannung des Verstärkers 10 über die Teilwicklung 8. Bei dieser Polarität des Ausgangs des Verstärkers 10 bewirkt der Invertierverstärker 11, daß eine Verbindung vom negativen Pol — der Versorgungsspannung zum Ausgang des Invertierverstärkers besteht. Damit fließt ein Strom vom positiven Pol des Verstärkers 10 über beide Teilwicklungen 8 und 9 sowie über den Abschlußwiderstand 7 zum negativen Pol der Versorgungsspannung — des Invertierverstärkers 11. Somit steht bei gleicher Größe der Versorgungsspannung gegenüber der bekannten Schaltung nach Fig. 1 die doppelte Spannung zur Erzeugung des Kompensationsstromes zur Verfügung, so daß entweder der doppelte maximale Strom gemessen werden kann oder bei gleicher Größe des Abschlußwiderstandes 7 die doppelte Ausgangsspannung  $U_a$  zur Verfügung steht.

Wenn sich die Richtung des zu messenden Stromes  $i_1$  umkehrt, wird entsprechend ein Stromfluß vom positiven Pol + der Versorgungsspannung über den Invertierverstärker 11, die Teilwicklungen 8 und 9, den Abschlußwiderstand 7 zum negativen Pol — der Versorgungsspannung des Verstärkers 10 fließen. Im Gegensatz zur bekannten Anordnung nach Fig. 1 ist also — unabhängig von der Stromrichtung des zu messenden Stromes  $i_1$  immer eine symmetrische Belastung der Versorgungsspannung gegeben.

Die Anordnung nach Fig. 3 unterscheidet sich von dem Beispiel nach Fig. 2 dadurch, daß anstelle eines einzigen Sensors 3 zwei Sensoren 12 und 13 vorgesehen sind, die über je eine Auswerteschaltung 14 und 15 einen Verstärker 16 bzw. 17 innerhalb der Verstärkeranordnung 5 ansteuern. Auch hier kann die Schaltung wieder so getroffen werden, daß eine symmetrische Belastung der Versorgungsspannung vorliegt und damit ein doppelt so hoher maximaler Strom erfaßt werden bzw. das Bauvolumen des Stromsensors verringert werden kann.

Fig. 4 zeigt eine Anordnung, die wiederum einen einzigen Sensor 3 mit Auswerteschaltung 4 und nachgeschaltetem Verstärker 10 hat, der eine Teilwicklung 8 speist. Die Teilwicklung 8 liegt hier in Reihe zu einem Meßwiderstand 18 innerhalb eines Stromkonverters 19. Der Spannungsabfall am Meßwiderstand 18 wird im Stromkonverter 19 ausgenutzt, um Größe und Richtung des Kompensationsstromes zu erfassen. Dieser Spannungsabfall ist damit geeignet, über einen oder mehrere weitere Verstärker weitere Teilwicklungen, z. B. die Teilwicklung 9 zu speisen. Nur eine dieser Teilwicklungen muß an den Abschlußwiderstand 7 für den Stromsensor angeschlossen sein, um eine dem zu messenden Strom  $i_1$  proportionale Ausgangsspannung  $U_a$  zu erzeugen. In diesem Fall ist die Ausgangsspannung  $U_a$  massebezogen.

Für den Fall, daß der Stromsensor Teil einer Regelungsschaltung ist, ist es selbstverständlich auch möglich, anstelle des Abschlußwiderstandes 7 den Innenwiderstand einer nachgeschalteten Regelungsstufe zu verwenden.

#### Patentansprüche

1. Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip, insbesondere zur Messung von Gleich- und Wechselströmen, bei dem das in einem Magnetkern (2) von einer vom zu messenden Strom durchflossenen Primärwicklung (1) erzeugte Magnetfeld durch den Kompensationsstrom in einer Sekundärwicklung (6) kompensiert wird, wobei zur Steuerung des Kompensationsstromes mindestens ein vom Ma-

gnetfeld beeinflusster Sensor (3) Abweichungen vom Nullfluß erfaßt und diesen Meßwert über eine Auswerteschaltung (4) einer Verstärkeranordnung (5) zur Erzeugung des Kompensationsstromes zuführt, während an den Ausgang der Verstärkeranordnung (5) die Sekundärwicklung (6) in Reihe zu einem Abschlußwiderstand (7) angeschlossen ist, so daß am Abschlußwiderstand (7) eine dem zu messenden Strom proportionale Spannung ( $U_a$ ) anliegt, dadurch gekennzeichnet, daß die Sekundärwicklung aus mindestens zwei Teilwicklungen (8, 9) besteht, deren Wicklungsenden so an die Verstärkeranordnung (5) angeschlossen sind, daß jede Teilwicklung (8, 9) einem eigenen, den Kompensationsstrom liefernden Verstärker (10, 11) nachgeschaltet ist.

2. Stromsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sekundärwicklung aus zwei Teilwicklungen (8, 9) besteht, und daß jeweils eine Teilwicklung — abhängig von der Stromrichtung des zu messenden Stromes — von dem positiven Pol (+) und die andere von dem negativen Pol (—) der Versorgungsspannung gespeist wird.

3. Stromsensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Anfang einer Teilwicklung (8) an den Ausgang eines Verstärkers (10) angeschlossen ist, daß das Ende der zweiten Teilwicklung (9) an einen den Strom invertierenden Verstärker (11) angeschlossen ist, dessen Eingang am Ausgang des ersten Verstärkers (10) liegt und daß der Abschlußwiderstand (7) zwischen den anderen Anschlüssen der beiden Teilwicklungen (8, 9) liegt (Fig. 2).

4. Stromsensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwei vom Magnetfeld beeinflusste Sensoren (12, 13) vorgesehen sind, die über Auswerteschaltungen (14, 15) und Verstärkeranordnungen (5, 16, 17) die beiden über den Abschlußwiderstand (7) verbundenen Teilwicklungen (8, 9) so speisen, daß jeweils eine vom positiven (+) und die andere vom negativen Pol (—) der Versorgungsspannung gespeist wird.

5. Stromsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß an den Ausgang eines vom Sensor (3) gespeisten Verstärkers (10) eine Teilwicklung (8) in Reihe zu einem Meßwiderstand (18) geschaltet ist, dessen Spannungsabfall als Eingangssignal für weitere Verstärker mit invertiertem Ausgangsstrom dient, die die übrigen Teilwicklungen (9) speisen, von denen eine (9) in Reihe zum Abschlußwiderstand (7) geschaltet ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

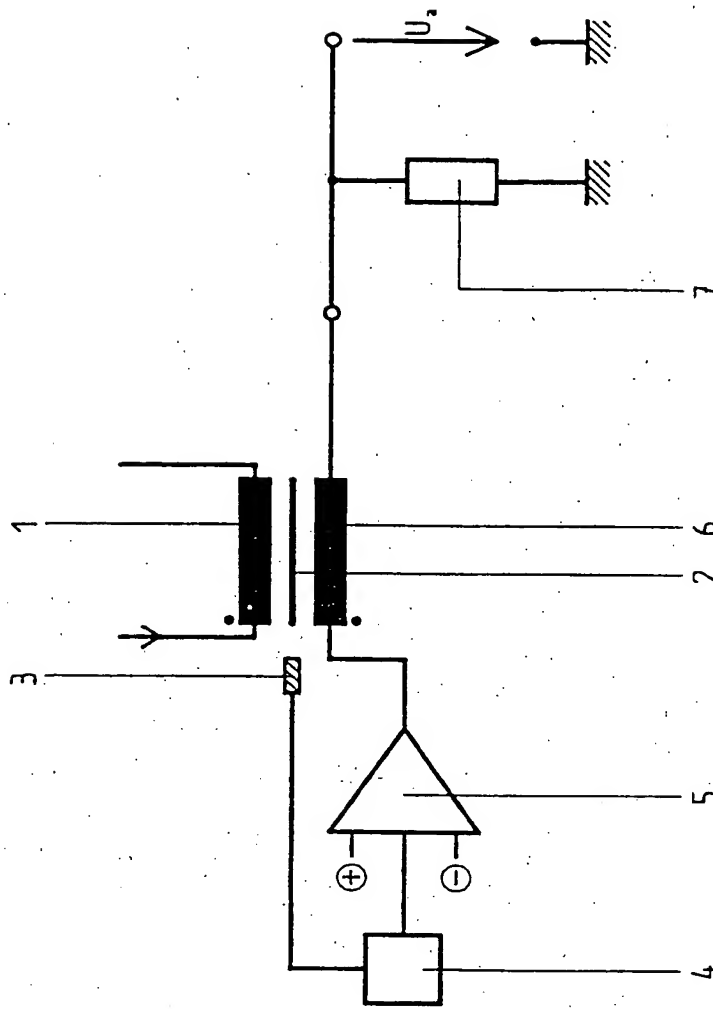


FIG 1

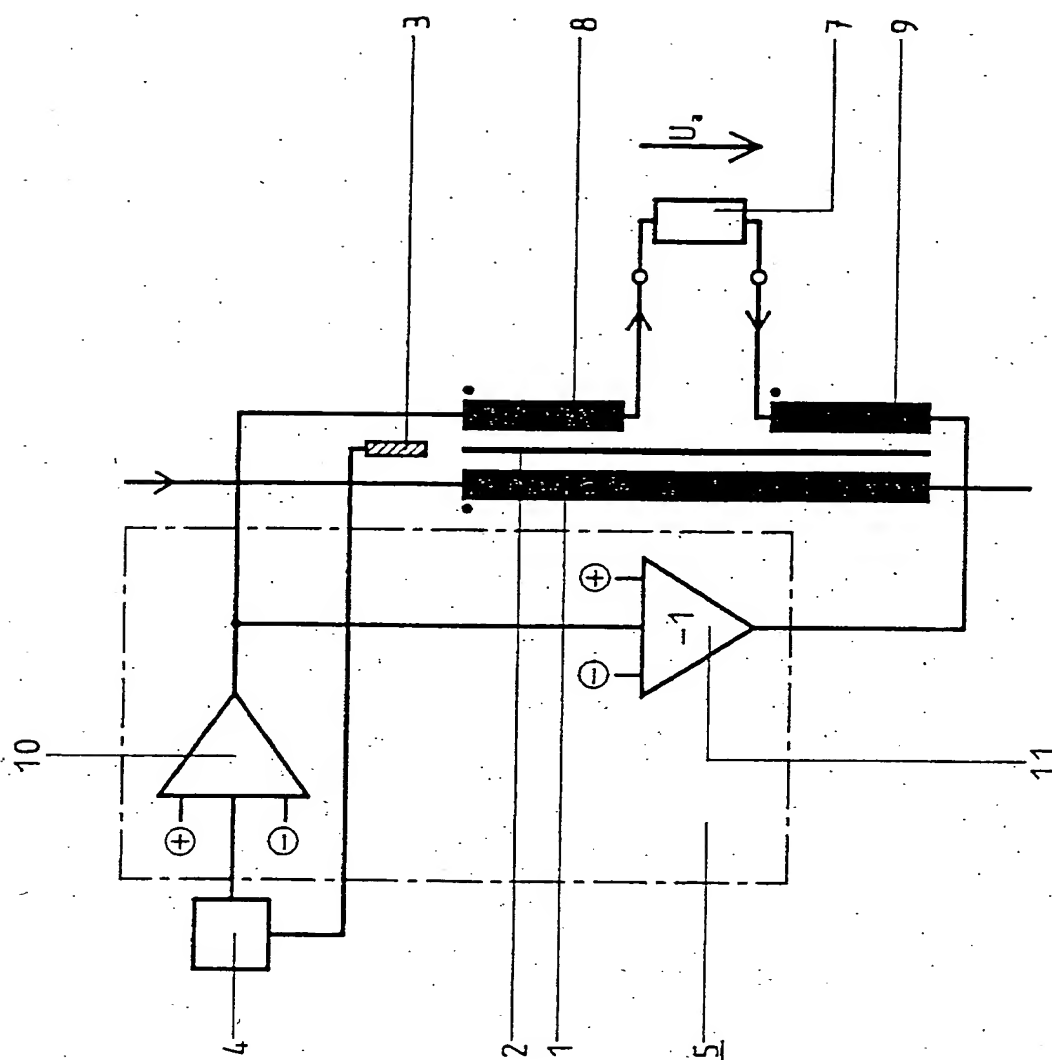


FIG 2



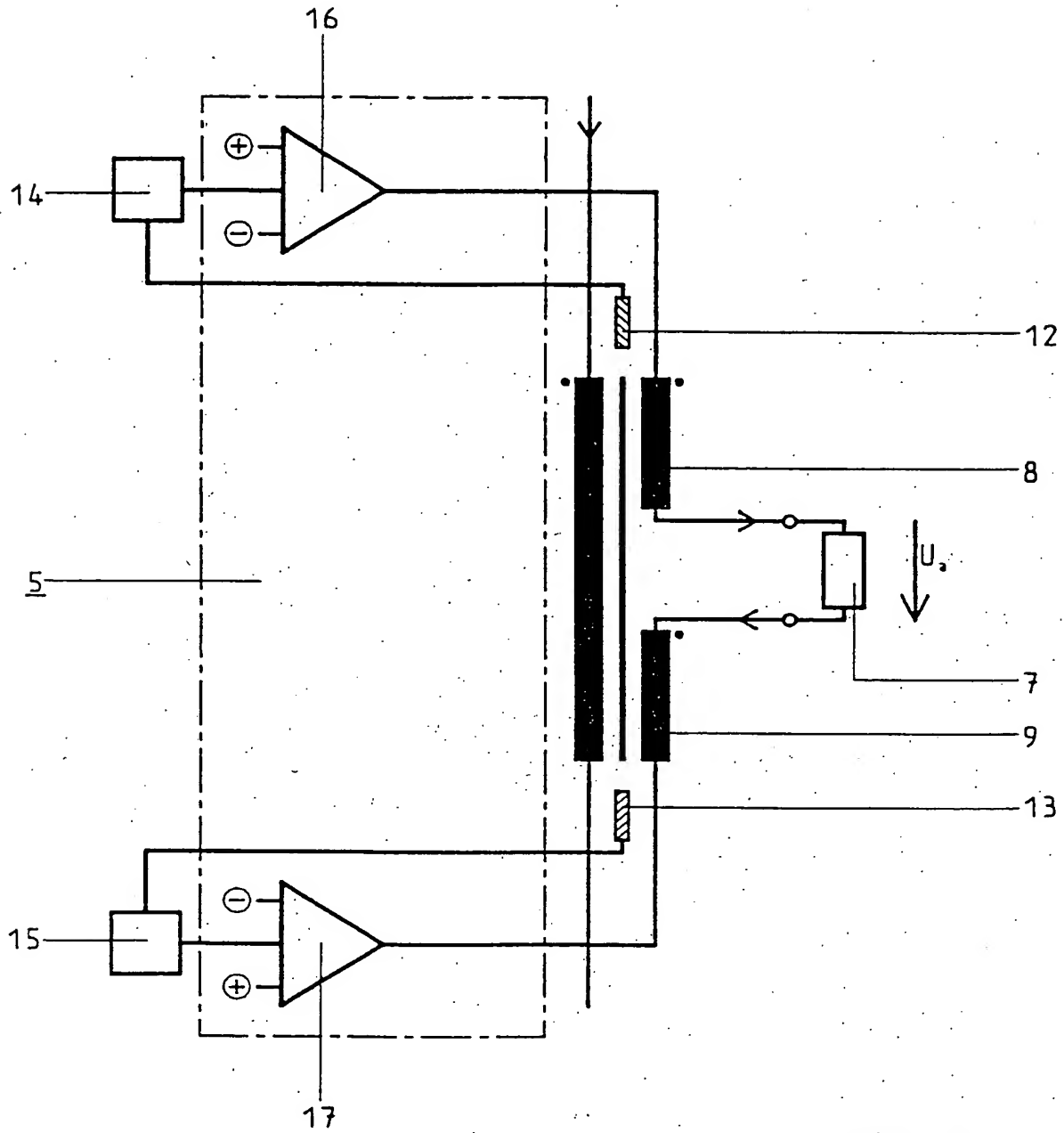


FIG 3

